

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

LUAN TEIXEIRA MENDES

**RUÍDO E VIBRAÇÃO NA COLHEITA FLORESTAL
SEMIMECANIZADA**

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2017

LUAN TEIXEIRA MENDES

RUÍDO E VIBRAÇÃO NA COLHEITA FLORESTAL
SEMIMECANIZADA

Monografia apresentada ao
Departamento de Ciências
Florestais e da Madeira da
Universidade Federal do
Espírito Santo, como
requisito parcial para
obtenção de título de
Engenheiro Florestal.

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2017

LUAN TEIXEIRA MENDES

RUÍDO E VIBRAÇÃO NA COLHEITA FLORESTAL
SEMIMECANIZADA

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais
e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como
requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Florestal

Aprovada em de Julho de 2017

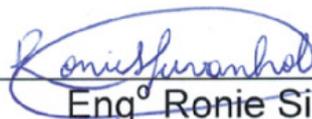
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Nilton Cesar Fiedler
DCFM/CCAUE/UFES
Orientador



Prof. Dr. Flávio Cipriano Assis do Carmo
UFCG – Campus Patos – PB



Engº Ronie Silva Juvanhol
Doutorando em Ciências Florestais - UFES



Engº. Leandro Christo Berude
Mestrando em Ciências Florestais - UFES

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço aos meus pais Nilson Carlos e Maria Madalena, ao meu irmão Jean, por todos os ensinamentos transmitidos e cuidados dedicados, proporcionando todo o suporte necessário para continuar em frente e alcançar meus objetivos, sem estes nada seria possível. Assim, deixo aqui minha eterna gratidão.

Agradeço ao meu orientador Prof. Nilton Cesar Fiedler pelo aprendizado e confiança para elaboração desse trabalho.

Agradeço a comissão examinadora Prof. Flavio Cipriano Assis do Carmo, Doutorando Ronie Silva Juvanhol e Mestrando Leandro Christo Berude.

À Universidade Federal do Espírito Santo pela formação e por me possibilitar a elaboração desse trabalho.

Aos Eng. Florestais Saulo Boldrini, Isabela Reboleto, William Masioli, que foram fundamentais para a conclusão desse trabalho.

Ao Tio Julinho que é mais do que um tio, é um mestre, uma pessoa que me inspirou a querer ser sempre melhor. Com ele aprendi muito mais do que teoria, aprendi valores humanos! Muito obrigado por todo conhecimento.

Aos meus Amigos que fiz em Alegre: Ricardo Mendes, Felipe Zampirolli, Maikom Keoma, Kalil Boechat, Apeles Ribeiro, Pedra Azul, Davi Luis, Romulo Lirio, Maria Julia Paganini, Cecilia Catrinck, Barbara Favalessa, Dudu, Matipó, Capa, João Vitor, às turmas de Engenharia Florestal de 2009/1 e 2012/1, meus amigos de Itabira e todos aqueles que conheci, que diretamente ou indiretamente contribuíram para o fim desse ciclo.

"I am the one who knocks!"
BRYAN CRANSTON como Walter White.

RESUMO

Operações do trabalho semimecanizado na colheita florestal podem trazer desconforto, riscos, à segurança e à saúde dos operadores. Uma das máquinas muito utilizadas na operação de corte é a motosserra. Porém seu uso diário pode acarretar graves acidentes e doenças, devido à exposição a vibração e ruído, muitas vezes acima dos limites de referência das Normas Regulamentadoras. Este trabalho objetivou avaliar os níveis de ruído e vibração na operação de corte de madeira de eucalipto no município de Itabira, estado de Minas Gerais. A pesquisa foi realizada em um povoamento de *Eucalyptus cloeziana*, durante o período de abril a Junho de 2017. O estudo avaliou a atividade de corte florestal. A vibração foi mensurada utilizando o acelerômetro de acordo com as três coordenadas ortogonais (X, Y, Z) estabelecidas pela norma ISO 5349-1. Os níveis de ruído foram obtidos com dosímetros e os valores comparados aos limites da NR 15. De acordo com os resultados, a dose média de ruído em todas as atividades na operação de corte florestal ultrapassou o limite máximo permitido, 102,05 dBa na atividade de derrubada, 95,14 dBa para desgalhamento e 99,20 dBa para o traçamento. De acordo com a classificação da exposição humana a vibração e estabelecida pelas Normas ISO 5349-1, foram observados que o traçamento e o desgalhamento tiveram sua classificação em fadiga em ambas coordenadas (xy e z), na atividade de derrubada foi classificada em fadiga na coordenada z e em exposição na coordenada xy. Os resultados indicam que as motosserras utilizadas nas atividades avaliada podem ocasionar danos à saúde e a integridade física dos operadores.

Palavras chave: Técnicas e operações florestais; ergonomia florestal; reflorestamento.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1. O problema e sua importância.....	11
1.2. Objetivo.....	12
2. REFERENCIAL TEORICO	13
2.1. Colheita Florestal.....	13
2.2. Corte semimecanizado	14
2.3. Riscos associados ao uso da motosserra.....	15
2.4. Ergonomia Florestal.....	16
2.5. Ruído	17
2.6. Vibração.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1. Descrição da Área de Estudo	20
3.2. Descrição da motosserra.....	21
3.3. Atividades Avaliadas.....	21
3.4. População e Amostragem.....	22
3.5. Levantamento dos Dados	22
3.6. Análise estatística dos dados	22
3.7. Ruído	23
3.8. Vibração.....	25

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1. Número mínimo de amostras.....	27
4.2. Ruído.....	27
4.3. Vibração.....	30
5. CONCLUSÕES.....	33
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados Técnicos da motosserra avaliada.....	21
Tabela 2. Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente, conforme a NR-15.....	24
Tabela 3. Guia para avaliação da exposição humana a vibração.	26
Tabela 4. Número mínimo de amostras para a necessária análise de vibração	27
Tabela 5. Análise de Variância para as fases de derrubada, desgalhamento traçamento/destopamento, e pausas.	28
Tabela 6. Média de ruído nas operações e resultados do Teste Tukey	28
Tabela 7. Máxima exposição diária permissível sem EPI.....	29
Tabela 8. Análise de Variância para as fases de derrubada, desgalhamento e traçamento/destopamento.....	30
Tabela 9. Média de vibração nas operações e resultados do Teste.	30
Tabela 10. Classificação da exposição humana a vibração conforme a ISO 5349-1	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo no município de Itabira MG....	20
Figura 2. Dosímetro digital.....	23
Figura 3. Acelerômetro e medidor de vibração.	25
Figura 4. Coordenadas ortogonais ISO 5349-1. A: eixo xx; B: eixo yy; e C: eixo zz.	25
Figura 5. Valores médios de ruído analisados.....	29
Figura 6. Valores de exposição a vibração nas coordenadas xy e z.	Erro!

Indicador não definido.

1. INTRODUÇÃO

A colheita florestal pode ser definida como um conjunto de operações realizadas no povoamento florestal, que compõe desde o preparo e a condução da madeira ao local de transporte, utilizando-se de técnicas e padrões preestabelecidos, com o intuito de transformá-la em produto final (MACHADO, 2008; SILVA et al., 2010). As operações de colheita florestal atingiram um estágio elevado de mecanização, porém algumas atividades ainda necessitam do trabalho semimecanizado ou manual, em virtude do alto custo de aquisição das máquinas e implementos, a baixa demanda e limitações devido à declividade do terreno. As operações semimecanizadas quando não são conduzidas segundo normas vigentes podem ocasionar condições adversas ao bem-estar, à segurança e à saúde dos operadores.

O excesso de vibração e ruído são fatores que tornam a condição de trabalho desfavorável, causando desconforto, aumentando o risco de acidentes, podendo levar a danos consideráveis à saúde (FIEDLER, 1995).

Nesse contexto, surge a ergonomia, que segundo Lida (2005) é o estudo do desempenho do ser humano ao executar um trabalho, de forma a aplicá-los na compreensão das tarefas, dos instrumentos, das máquinas e dos sistemas de produção, visando a saúde, a segurança, e o bem-estar do trabalhador. Segundo Alves et al. (2000), as avaliações ergonômicas contribuem expressivamente para que as condições de trabalho se tornem melhores, de modo a aumentar a qualidade de vida do trabalhador, que é uma condição essencial para o êxito de uma empresa ou empreendimento.

Segundo o Ministério do Trabalho (1985), o ruído é um som ou complexo de sons, desconfortáveis, que age de modo acumulativo, produz efeitos psicológicos, subsequentemente fisiológicos, causando, na maioria das vezes danos irreversíveis. O tempo de exposição a ruídos intensos e permanentes causam alterações significativas no humor e na capacidade de concentração nas atividades diárias, além de desencadear uma série de distúrbios, afeta o metabolismo de todo o organismo induzindo a perda

auditiva.

Segundo Fernandes (2000), um corpo é considerado em vibração a partir do momento que ele descreve um movimento oscilatório ao redor de um ponto de referência. A quantidade de ciclos completos de um movimento ao longo de um período de um segundo é denominada frequência e tem como unidade de medida Hertz [Hz], segundo o sistema internacional de unidades de medida (SI).

O resultado prejudicial das vibrações depende essencialmente dos seguintes fatores: pontos de aplicação no corpo, frequência das oscilações, aceleração das oscilações e duração da ação. O trabalhador está exposto de modo ativo à fonte de vibração através das mãos, nádegas, costas e pés. Por isso, a necessidade de realização de manutenções preventivas para evitar folgas entre as peças e também a necessidade de equipamentos mais sofisticados que eliminam ou minimizam as fontes de vibração no equipamento, garantindo os níveis de vibração em limites toleráveis.

1.1. O problema e sua importância

Mesmo com os avanços tecnológicos e constante evolução no setor florestal, as operações de colheita florestal ainda tem como destaque o trabalho semimecanizado, que faz a utilização da motosserra para derrubar e processar a árvore. Entretanto, essa atividade apresenta alguns aspectos negativos que são a baixa produtividade, maiores riscos de acidentes e condições ergonômicas desfavoráveis.

A excessiva exposição de operadores de motosserra à vibração e níveis de ruídos acima dos limites estabelecidos pela NR-15 e ISO 5349-1 podem ocasionar sérios danos à saúde e segurança. Diagnósticos de doenças associadas à vibração e ruídos poderiam ser efetivamente diminuídos evitando o uso de máquinas com grande fonte de vibração ou com a manutenção inadequada. Dessa forma, estes problemas podem ser mitigados quando são empregados conhecimentos e técnicas ergonômicas.

1.2. Objetivo

Objetiva-se com esta pesquisa avaliar os níveis de ruído e vibração gerados pelas motosserras durante as atividades de corte florestal semimecanizado.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Colheita Florestal

Para Nesi (2011), a colheita florestal engloba algumas etapas, sendo o corte florestal a mais importante, compreendendo o início de todo o processo, tendo grande influência nas etapas seguintes. As etapas do corte florestal são as atividades de: derrubada, desgalhamento, destopamento, traçamento e pré-extração.

Segundo Sanches (2014), existem vários fatores que devem ser usados como parâmetro para definir qual sistema de colheita será utilizado. Dentre eles, está a topografia do terreno, tipo de solo, tipo de floresta, clima, operador, uso final da madeira, máquinas, equipamentos e recursos.

A demanda pela mecanização nas operações de colheita foi se consolidando cada vez mais com o aumento das atividades florestais no Brasil. A modernização mais intensa das operações ocorreu na década de 70, com a chegada das primeiras máquinas importadas. Além disso, neste período a indústria brasileira iniciou a produção de maquinários de portes leves e médios, como motosserras profissionais, tratores agrícolas equipados com pinça hidráulica traseira ou *mini skidder* e os autocarregáveis (SANCHES, 2014).

Com a modernização das operações, as empresas diligenciando para redução dos números de acidentes, melhoria da ergonomia nas atividades, ganhos na mão de obra, maior produtividade e diminuição dos custos de produção. Tais fatos levaram, na década de 90, a um significativo aumento de produtividade, eficiência e redução dos custos de produção. Como consequência, o setor passou a contar com máquinas mais ergonômicas, como motosserras mais leves e com menor ruído e vibração, que passaram a ser empregadas no Brasil em larga escala.

Nos dias atuais, a colheita florestal apresenta-se em três diferentes tipos baseando-se no porte das empresas: grandes, médias e pequenas empresas. Segundo Lopes (2000), nas grandes empresas, a colheita dispõe de máquinas

leves (motosserra), médias (tratores), e pesadas (*Harvester, Feller-buncher, Forwarder* e *Skidder*). As empresas de médio porte, que representam a grande maioria, empregam sistemas intermediários, onde utilizam máquinas leves com mão de obra especializada. Já nas pequenas empresas e produtores rurais, ainda se utiliza métodos rudimentares, tradicionais, que são baseados na mão de obra não especializada e de baixo custo.

2.2. Corte semimecanizado

O corte florestal semimecanizado com motosserra, consiste numa atividade com alto risco de acidentes, pois os trabalhadores se expõem a diversas condições do terreno e condições específicas da área florestal (NESI, 2011). A derrubada das árvores é considerada a atividade mais perigosa.

A motosserra é uma das máquinas que mais influenciaram a mecanização florestal, substituindo o machado e a serra manual nas operações de derrubada, desgalhamento, destopamento e traçamento da madeira. Segundo Rodrigues (2004), mesmo com a crescente utilização dos equipamentos mecanizados na derrubada da madeira, o método semimecanizado, ou seja, o uso de motosserras em alguma das etapas da colheita florestal, ainda é amplamente utilizado. Nesta época, segundo o autor, cerca de 60% das empresas florestais no Brasil ainda utilizavam a motosserra nas operações.

O baixo investimento inicial, a produtividade individual parcialmente alta e a utilização em locais que são de difícil acesso às demais máquinas especializadas, são algumas das características que justificam a escolha do uso da motosserra. Segundo Pescador et al. (2013), a observação da árvore quanto à sua inclinação e melhor sentido de arraste, direcionamento da queda, limpeza de seu entorno e adoção da boca de corte e corte traseiro são algumas das práticas de segurança mais utilizadas no corte semimecanizado, evitando a queda da árvore na direção do operador.

O espaçamento do plantio e a declividade do terreno são fatores que influenciam diretamente a produtividade com uso da motosserra. Segundo Passos et al. (2006), a quantidade de árvores por área e sua distribuição

geram modificações nas condições ambientais dos povoamentos florestais, comprometendo a produtividade, afetando as características da madeira e os custos de produção.

Para a utilização da motosserra é indispensável o treinamento do operador para a realização do seu correto manuseio, conforme as instruções do fabricante. O mercado proporciona diferentes tipos de motosserras e que se designam a variadas aplicações, sendo necessário observar se o equipamento apresenta claramente as instruções para o manuseio, a utilização dos EPI's e a segurança. (RODRIGUES, 2004).

De acordo com Silva (2013), o local de trabalho dos operadores de motosserra é propício a muitos riscos, podendo estar aparentes ou não, sendo de competência dos responsáveis pelos operadores o treinamento dos mesmos, para preveni-los dos riscos e oferecer os EPI's necessários para as situações.

2.3. Riscos associados ao uso da motosserra

Acidentes ocorrem anualmente na colheita florestal e em sua grande parte nas operações do corte florestal com motosserras, sendo ocasionados pela falta de experiência na atividade e falta de treinamento (MACHADO & SOUZA, 1980)

Segundo Sant'anna et al. (1995), é de extrema importância que as empresas florestais utilizem motosserras profissionais, que são equipadas com freio de corrente, pino pega-corrente, sistema anti-vibratório, protetor da mão esquerda, protetor da mão direita, trava de segurança do acelerador, direcionador de serragem e escapamento com dispositivo silencioso e direcionador de gases. Além disso, as motosserras devem ter baixo peso, design ergonômico, baixo nível de ruído e de vibração e balanceamento adequado.

É necessário que o operador da motosserra utilize determinados equipamentos de proteção individual (EPI'S) que irão garantir sua segurança, tais como: capacete, protetor facial, protetores auriculares, luvas, calça de segurança e botas com biqueira de aço e solado antiderrapante

(HASELGRUBER & GRIFFENHAGEN, 1989).

Ainda, de acordo com Rodrigues (2004), os operadores de motosserra estão sempre expostos aos riscos físicos (ruído e vibração), riscos químicos (gases), riscos biológicos (fungos, parasitas e bactérias), riscos ergonômicos (esforço físico intenso, levantamento e transporte manual de peso, exigência de postura inadequada, ritmos excessivos e repetitividade) e riscos de acidentes (animais peçonhentos, quedas de galhos), sendo que os riscos físicos, ergonômicos e de acidentes são mais comuns.

Haselgruber & Grieffenhagen (1989), afirmam que aproximadamente 80% dos acidentes com operadores de motosserra são originados por falhas humanas e 20% são oriundos de causas mecânicas. As partes do corpo mais atingidas são: pernas (30%), braços (25%), cabeça (20%), pés (13%) e tronco (12%).

Tendo em vista os riscos que os operadores de motosserra correm no seu dia-a-dia, o emprego da ergonomia se torna cada vez mais essencial.

2.4. Ergonomia Florestal

A ergonomia é o conjunto de conhecimentos científicos que visa adaptar o meio de trabalho ao homem, e minimizar de modo eficaz as questões relacionadas com a saúde e segurança dos trabalhadores. Compõe uma importante parcela na melhoria de condições desfavoráveis de trabalho, aumentando assim a produtividade, preservando a saúde e diminuindo o número de acidentes de trabalho e ausências por afastamentos (FALZON, 2007).

A ergonomia a princípio faz uma análise das características do trabalhador, e posteriormente, promove adequações ao trabalho que ele é capaz de exercer, preservando a sua saúde. Dessa maneira, a ergonomia surge das informações do trabalhador para fazer o projeto da atividade, ajustando-o às suas capacidades e limitações (IIDA, 2005).

O trabalho que envolve não exclusivamente máquinas e equipamentos utilizados, mas também toda a relação entre o ser humano e o ambiente físico e os aspectos organizacionais de como o trabalho é planejado, organizado e

executado para oferecer maior rendimento e conseqüentemente melhores resultados.

De acordo Moraes e Mont'Alvão (2000) por meio de técnicas ergonômicas procura-se desenvolver melhorias as condições específicas do trabalho, de modo à contribuir no bem estar, conforto e satisfação do trabalhador, em conseqüência obtém-se ganhos na segurança e produtividade.

2.5. Ruído

Segundo Lida (2012), o ruído é um som desagradável, um estímulo auditivo indesejável e não contém nenhuma informação útil para a tarefa em execução. O ruído afeta psicologicamente e fisicamente o ser humano e que dependendo dos níveis de ruído, causa lesões auditivas que podem ser irreversíveis no trabalhador (PMAC, 1994).

Algumas pesquisas mostraram que a frequência em que o ruído ocorre e outras variáveis contribuem para a carga total de ruído, o nível de ruído não é o único fator envolvido (KROEMER & GRANDJEAN, 2005). De acordo com a Legislação Brasileira, para ruído contínuo ou intermitente, o nível máximo de ruído para uma exposição de 8 horas diárias sem o uso de proteção é de 85 dB (A).

O ruído causa sérios efeitos no homem, tais como: perda dos reflexos, perda da concentração, perda auditiva até a surdez permanente, fadiga, aumento da frequência cardíaca, distúrbios do sono entre outros (NORONHA, TRAVAGLIA FILHO e GARAVELLI, 2005).

Segundo Cunha (1999), além da exposição ao ruído causar perda auditiva, a vibração pode levar a lesões de ordem neurológica, vascular, em articulações, dentre outros. Esse conjunto de conseqüências é chamado de síndrome da vibração. Ocorre uma degeneração gradativa do tecido vascular e nervoso em operadores das motosserras, que geram uma perda da capacidade manipulativa e tato nas mãos, dificultando o controle motor (IIDA, 2012).

2.6. Vibração

Um ambiente de trabalho de um operador é caracterizado por meio de medidas físicas: luminoso, sonoro, térmico e vibratório. Mas o ambiente só é apto ao trabalhador, quando esses meios não ultrapassam os limites.

A produtividade dos trabalhadores é diretamente afeta com grandes fontes de tensão no ambiente de trabalho por condições desfavoráveis, como o excesso de ruído e vibração, por ocasionar desconforto, além de aumentar o risco de acidentes e provocar danos consideráveis a saúde (FIEDLER, 1995).

As vibrações causam dano ao organismo mesmo em frequências baixas como de 1 a 80Hz, podendo provocar lesões nos ossos, juntas e tendões. As frequências intermediárias, de 30 a 200Hz, causam doenças cardiovasculares, mesmo com baixas amplitudes e, em frequências altas, acima de 300Hz, o sintoma é de dores agudas e distúrbios neurovasculares (IIDA,2012).

Os componentes rotativos e os movimentos alternados de uma máquina ou equipamento, geram forças desequilibradas que levam ao movimento oscilatório de um corpo, tal movimento é chamado de vibração. Ao vibrar, o corpo descreve um movimento periódico, envolvendo deslocamento num tempo (SALIBA, 2009).

Com o aumento da atividade de corte florestal semimecanizado, os trabalhadores ficaram cada vez mais susceptíveis a desgastes no ambiente de trabalho, sendo um dos principais a vibração, que provoca danos ao corpo humano e diminui o rendimento (MINETTE, 1996). Em trabalhadores florestais que usam motosserras, há uma degeneração gradativa do tecido vascular e nervoso, causando perda da capacidade manipulativa e tato nas mãos, dificultando o controle motor (IIDA, 2012).

Segundo Vendrame (2005) a vibração resume na movimentação intrínseca aos corpos composto de massa, e que o corpo humano possui vibração de forma natural. A ressonância é provocada quando o sistema de frequência externa iguala a uma de suas frequências naturais de vibração, resultando em um aumento do movimento. A energia vibratória é absorvida pelo corpo, como resultante da diminuição causada pelos tecidos e órgãos.

As vibrações podem ser transmitidas ao corpo como um todo ou somente em algumas partes como mãos e braços.

Segundo Fernandes (2002) longos anos de exposição à vibração podem causar danos à saúde e além de realizar a prevenção, é preciso saber os efeitos e diferença entre a exposição a vibrações e doenças com efeitos semelhantes como distúrbios osteoarticulares relacionados ao trabalho (DORT), visando que cada indivíduo seja capaz de associar de uma forma singular um sintoma desconfortável ou até um ponto intolerável.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição da Área de Estudo

As atividades foram realizadas em uma propriedade produtora de madeira para fins de energia no município de Itabira, no estado de Minas Gerais (Figura 1). A região está localizada próxima às coordenadas geográficas 19° 39' 57" de latitude sul, 43° 12' 44" de longitude oeste. O relevo da região é montanhoso, com altitudes variando de 540m na sede do município, a 1.662m nos pontos mais altos.

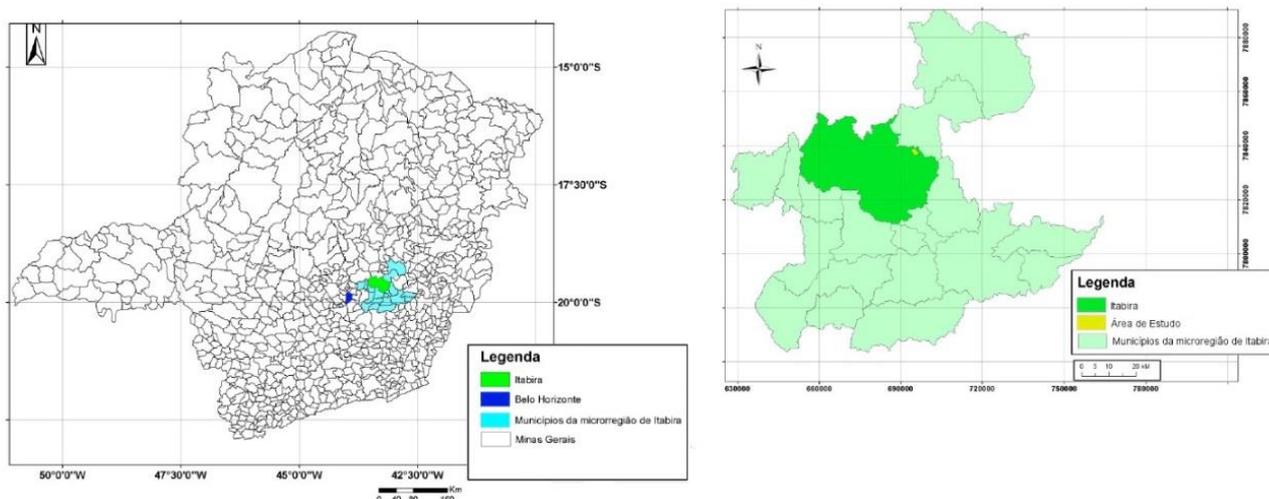


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo no município de Itabira MG

Fonte: Elaborado pelo Autor

Em Itabira, o clima é quente e temperado, classificado como Cwa de acordo com a Köppen e Geiger. A temperatura média anual é de 20.4 °C, com pluviosidade média anual de 1471 mm, sendo o mês mais seco julho com 9 mm e dezembro com maior precipitação, com uma média de 335 mm.

Esse trabalho foi desenvolvido com dados levantados em uma propriedade rural, em um povoamento implantado em espaçamento inicial de 3 x 2 metros, numa área de 6,3 hectares de *Eucalyptus* spp. predominante da espécie *E. cloeziana* com 6 anos de idade.

3.2. Descrição da motosserra

A motosserra utilizada nas operações de corte possui as seguintes especificações indicadas na Tabela 1:

Tabela 1. Dados Técnicos da motosserra avaliada

Dados	
Capacidade do tanque de combustível (l)	0,685
Cilindrada (cm ³)	59
Peso (kg)	5.6
Potência (kW/cv)	3.4/4.6
Rot. lenta (rpm)	2800
Rot. máxima (rpm)	14000

Fonte: Stihl

3.3. Atividades Avaliadas

O sistema de corte florestal analisado foi o semimecanizado com o uso da motosserra. Para a elaboração do trabalho, foi realizada uma caracterização detalhada das operações que compõem o corte florestal: derrubada, desgalhamento e traçamento/destopamento no sistema 1 + 1 (um operador e um ajudante). Com cada dupla trabalhando com eitos de quatro linhas de plantio.

a) *Derrubada*

Consiste na abertura de uma entalhe direcional do lado da queda da árvore, com um corte horizontal e um oblíquo, formando um ângulo de 45° graus, a uma altura de 10 cm do solo, no lado oposto da boca é feito o corte de queda horizontalmente a 15 cm de altura do solo, com profundidade de metade do tronco. Posteriormente é impulsionado o tombamento da árvore.

b) Desgalhamento

É a retirada dos galhos remanescentes ao corte da árvore.

c) Traçamento/destopamento

É a divisão do fuste em toras com tamanhos de 2 metros adequando a exigência e especificações do mercado.

Para estas atividades foram avaliados os níveis de ruído e vibração.

3.4. População e Amostragem

A população estudada era formada por funcionários operadores de motosserra. A análise feita em uma das áreas de trabalho de corte florestal teve todos os operadores avaliados, em um total de seis. Os mesmos usavam seus equipamentos de proteção individual (calça de motosserrista, capacete, protetor auricular, protetor facial, óculos, luva, perneira e calçado de segurança).

3.5. Levantamento dos Dados

Foram coletados dados vibração e ruído durante o período de abril a junho de 2017, nas áreas de colheita.

3.6. Análise estatística dos dados

A pesquisa foi conduzida a partir de um levantamento da operação de corte verificado o número mínimo de amostras necessário para um erro de 5%, conforme Conaw (1977):

$$N \geq \frac{t^2 \times s^2}{e^2} \quad (1)$$

Em que:

N = número mínimo de amostra necessário;

t = Coeficiente tabelado de T de Student;

s = Desvio padrão;

e= Erro admitido (5% de significância);

Os dados de ruído e vibração foram analisados nas operações de derrubada, desgalhamento, traçamento/destopamento, e pausas, através da análise de variância utilizando o teste F, a 1% de probabilidade. Nas análises que obtiveram diferenças significativas, foi empregado o teste de Tukey, a 1% de probabilidade.

3.7. Ruído

Os níveis de ruído produzidos pela motosserra no trabalho foram obtidos com o dosímetro de modelo DOS-500, de marca INSTRUTHERM (Figura 2). Na avaliação da dose verificou-se a dose diária que o trabalhador recebe individualmente.



Figura 2. Dosímetro digital.

Fonte: O Autor.

Para obter as leituras, o dispositivo foi posicionado na altura do ouvido do trabalhador durante toda a jornada de 8 horas (com pausa na hora do almoço). Circuito de resposta empregado nas medições com o medidor de nível de pressão sonora foi circuito de resposta lenta (Slow) que normalmente é utilizado para ruído ocupacional e o circuito de ponderação "A" que é usado para mensurar ruídos contínuos ou intermitentes.

Os limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente devem obedecer à Tabela 2.

Tabela 2. Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente, conforme a NR-15.

NÍVEL DE RUÍDO DB (A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: NR-15 (MTE)

3.8. Vibração

Os níveis de vibração produzidos pela motosserra nas operações de corte foram obtidos com o uso de um acelerômetro e medidor de vibração portátil da marca *TECKNIKAO* e modelo NK300 (Figura 3). As vibrações emitidas para o sistema mão-braço são coletadas em três direções, segundo um sistema de coordenadas ortogonais determinada na norma ISO 5349-1 (2001), o eixo “xx” palma da mão; o eixo “yy” nós dos dedos; e o eixo “zz” paralelo dos ossos do antebraço (Figura 4).



Figura 3. Acelerômetro e medidor de vibração.

Fonte: Autor.



Figura 4. Coordenadas ortogonais ISO 5349-1. A: eixo xx; B: eixo yy; e C: eixo zz.

Fonte: Autor.

A avaliação do nível de exposição baseia-se no cálculo do valor da exposição diária para um período de referência de 8 horas (A(8)).

Com o objetivo de calcular a vibração nos eixos XY, foi utilizado a equação 2, definida na norma ISO 5349-1 e EU *Good Practice Guide* HAV (2006) e observando as determinações da DIRECTIVE 2002/44/EC da União Europeia.

$$A(8) = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2} \quad (2)$$

Em que a_{hwx} e a_{hwy} são os valores adquiridos para a palma da mão e nós dos dedos.

A Tabela 3 se refere aos valores aceitáveis de exposição à vibração nos eixos x, y, z segundo a Norma ISO 5349-1 (2001).

Tabela 3. Guia para avaliação da exposição humana a vibração.

Crítérios de Severidade	Aceleração(X,Y) horizontal(m/s²)	Aceleração(Z) vertical(m/s²)
Exposição	0,224 – 0,448	0,315 – 0,630
Fadiga	0,071 – 0,224	0,100 – 0,315
Conforto	< 0,071	< 0,100

Fonte: ISO 5349-1 (2001).

A mensuração da vibração deve ser realizada adotando um sistema de coordenadas em três eixos, permitindo um valor da aceleração ponderada pela frequência, para os eixos x, y, z, representados por a_{hwx} , a_{hwy} e $a_{h wz}$ em m/s².

Combinando as três medidas, por intermédio da raiz da soma dos quadrados de cada elemento, obtém-se a vibração total para realização dos procedimentos estatísticos, respeitando as orientações da ISO 5349 -1 (2001) e EU *Good Practice Guide* HAV, (Equação 3).

$$A_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{h wz}^2} \quad (3)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Número mínimo de amostras

O número mínimo de amostras foi respeitado para todas as atividades avaliadas de acordo com a Tabela 4. Deste modo teve-se à necessidade da uniformidade dos dados para a realização do teste estatístico adequado. Para as atividades analisadas, foram coletadas amostras piloto de medições vibração e ruído. A avaliação de ruído foi feita ao longo do dia de trabalho respeitando a intensidade amostral e foram anotados os horários de todas as atividades e respectivas pausas, posteriormente separados em intervalos no relatório de minuto a minuto no software do dosímetro. A vibração foi avaliada para cada atividade feita pelo operador, fazendo anotações correspondentes aos valores informados no instrumento de medição.

Tabela 4. Número mínimo de amostras para a necessária análise de vibração

Atividade	Nº de amostras coletadas	Nº mínimo de amostras
Derrubada	100	82
Desgalhamento	100	81
Traçamento/destopamento	100	67

Fonte: Dados da pesquisa

4.2. Ruído

Após realizar a análise estatística, foi observada a diferença significativa entre os níveis de ruído obtidos entre as operações de derrubada, desgalhamento e traçamento/destopamento em relação as pausas, pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade. Aplicando se o teste Tukey, observou se que não houve diferença entre as operações de derrubada, degalhamento e traçamento/destopamento.

Os resultados da análise de variância e do Teste Tukey são evidenciados nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5. Análise de Variância para as fases de derrubada, desgalhamento traçamento/destopamento, e pausas.

ANOVA					
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
Tratamentos	3186,75	3	1062,25	49,80589	2,86
Resíduos	767,80	36	21,32		
Total	3954,55	39			

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 6. Média de ruído nas operações e resultados do Teste Tukey

Operações	Médias*
Derrubada	102,05a
Desgalhamento	95,14a
Traçamento/destopamento	99,20a
Pausas	78,67b

Fonte: Dados da pesquisa

De acordo com a pesquisa foram encontrados os seguintes níveis médios de ruído: 102,05 dBa na atividade de derrubada, 95,14 dBa para desgalhamento e 99,20 dBa para o traçamento/destopamento. Os mesmos obtiveram valores acima dos 85 decibéis admitidos para oito horas contínuas de atividades, de acordo com a NR 15. Momento de pausa apresentou valor dentro do tolerável com 78,67 dBa, porém seu alto valor é justificado pela mensuração ser realizada com os operadores ainda em campo, perto de outras atividades que geram ruídos, como mostra a Figura 5.

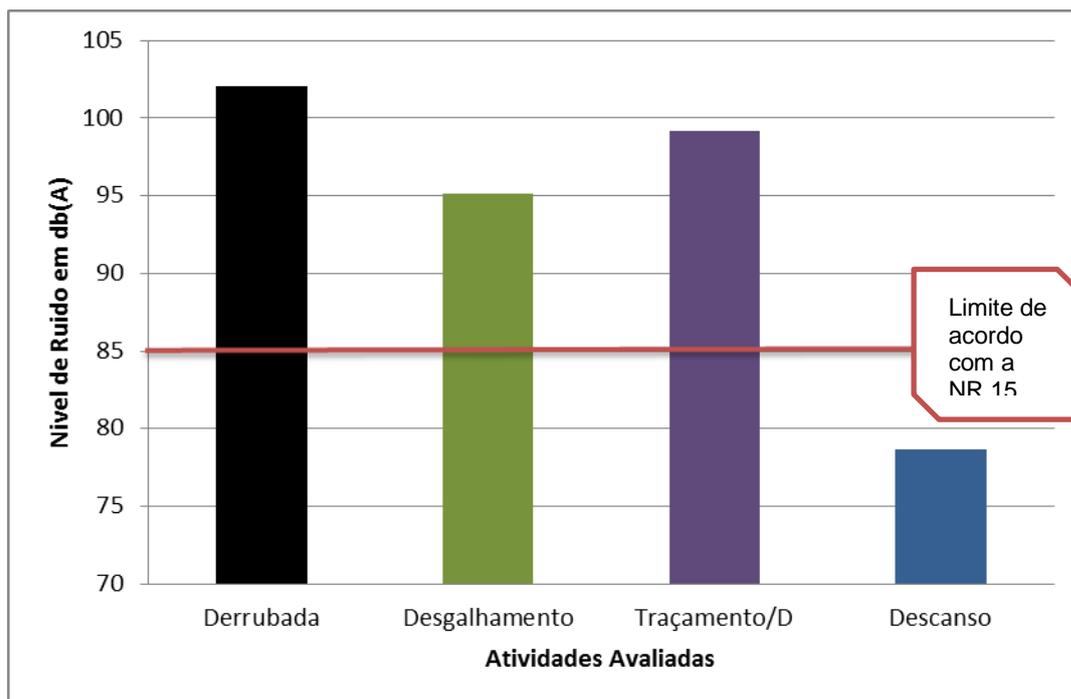


Figura 5. Valores médios de ruído analisados.

Fonte: Dados da pesquisa

Conforme mostra na Tabela 7, relacionando os dados encontrados na pesquisa, é possível estabelecer a máxima exposição diária que um operador sem seus equipamentos de proteção individual (EPI) suporta sem que sua saúde, segurança e bem estar possam ser prejudicados.

Tabela 7. Máxima exposição diária permissível sem EPI.

Atividade	Nível de Ruído	Máxima exposição diária permissível (sem EPI)
Derrubada	102,05	45 minutos
Desgalhamento	95,14	1 hora e 45 minutos
Traçamento/destopamento	99,2	1 hora

Fonte: Dados da pesquisa

Com resultados dos níveis de ruído encontrados pela pesquisa, é indispensável empregar conhecimentos e técnicas ergonômicas para melhorar as condições de trabalho. Uma forma de minimizar é o uso constante de protetores auriculares pelos operadores, assim, atenuando o ruído para a situação desejável. Outra medida trata se de substituir maquinas com elevados

níveis de ruído por modelos com fontes menos ruidosas, portanto é importante investir em projetos de máquinas e equipamentos modificando o design e peças para redução do ruído.

4.3. Vibração

Após realizar a análise estatística, foi observada a diferença significativa entre os níveis de vibração obtidos entre as operações de derrubada, desgalhamento e traçamento, pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade. Os resultados da análise de variância e do Teste Tukey são evidenciados nas tabelas 8 e 9.

Tabela 8. Análise de Variância para as fases de derrubada, desgalhamento e traçamento/destopamento.

ANOVA					
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
Operações	0,096844	2	0,048422024	16,77743	3,101296
Resíduo	0,2510942	87	0,00288614		
Total	0,3479382	89			

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 9. Média de vibração nas operações e resultados do Teste.

Operações	Médias*
Derrubada	0,2448a
Desgalhamento	0,1965 b
Traçamento/destopamento	0,2763 c

Fonte: Dados da pesquisa

De acordo com a classificação da exposição humana a vibração e estabelecida pelas Normas ISO 5349-1, foram observados que o traçamento/destopamento e o desgalhamento tiveram sua classificação em fadiga em ambas coordenadas (xy e z). No entanto, a atividade de derrubada foi classificada em fadiga na coordenada z e em exposição na coordenada xy,

como mostrado na Tabela 10 e Figura 6.

Tabela 10. Classificação da exposição humana a vibração conforme a ISO 5349-1

Atividade	Coordenadas	Aceleração (m/s ²)	Classificação
Derrubada	xy	0,232	Exposição
	z	0,277	Fadiga
Desgalhamento	xy	0,157	Fadiga
	z	0,196	Fadiga
Traçamento/Destopamento	xy	0,197	Fadiga
	z	0,240	Fadiga

Fonte: Dados da pesquisa

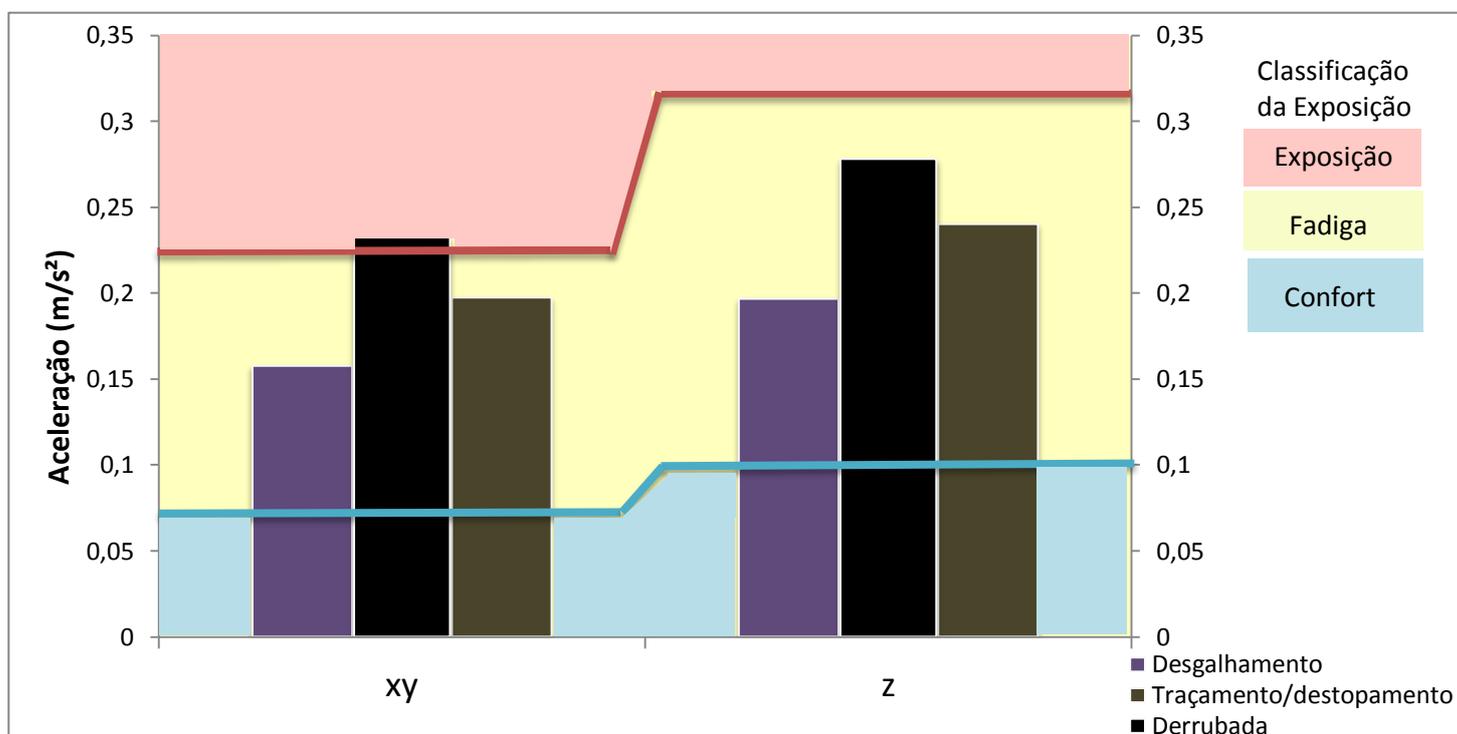


Figura 6. Valores de exposição a vibração nas coordenadas xy e z

Fonte: Dados da pesquisa

A legislação trabalhista adverte que os critérios de severidade à exposição da vibração classificados como conforto não devem atingir valores superiores a $0,071\text{m/s}^2$ para o eixo XY e $0,100\text{ m/s}^2$ para o eixo Z. Mas como mostrados nos resultados, todos os valores de aceleração permaneceram acima desses limites. Dessa forma se classificando como fadiga ou exposição.

Com a finalidade de reduzir a vibração emitida pela motosserra deve ser realizadas manutenções e ajustes periódicos, substituindo peças gastas, avariadas e defeituosas. Segundo Leão (2005), para atenuar efeitos negativos da exposição a vibrações, deve se impedir a exposição contínua com pausas de 10 minutos por hora contínua de exposição.

5. CONCLUSÕES

Com o trabalho desenvolvido e as avaliações realizadas concluiu-se que, as motosserras utilizadas na operação de corte semimecanizado, colocam os operadores em riscos aos níveis de ruído e vibração.

- Os níveis de ruído de acordo com a NR 15 ultrapassaram os limites aceitáveis pela Legislação brasileira.
- Segundo a legislação ISO 5349-1, os níveis de vibração ultrapassaram os limites de referência da norma, atingindo a classificação de exposição no eixo xy da operação de derrubada e a classificação de fadiga nas demais operações.
- Conforme a avaliação da exposição humana à vibração emitida ao sistema mão-braço, as condições e o tempo de exposição expõem os operadores a riscos e podem provocar danos a saúde.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J. U.; SOUZA, A. P.; MINETTI, L. J.; GOMES, J. M. Avaliação da carga de trabalho físico de trabalhadores que atuam na atividade de propagação de *Eucalyptus* spp. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ERGONOMIA E SEGURANÇA DO TRABALHO FLORESTAL E AGRÍCOLA, 1.**, 2000, Belo Horizonte, MG. Anais do... Belo Horizonte: Ergoflor, 2000. p. 129 – 134.

CONAW, P. L. **Estatística**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1977. 264 p.

CUNHA, I.A.; YAMASHITA, R.Y.; CORREA, I. M.; MAZIEIRO, J.V.G. utilização dos níveis de vibração e ruído na comparação e seleção de motosserras e suas implicações na exposição ocupacional dos operadores. In: XV Congresso Mundial de Segurança e Saúde no Trabalho, 1999. São Paulo. **Anais...**, 1999. 10 p.

DIRECTIVE 2002/44/CE. Prescrições mínimas de segurança e de saúde relativas a exposição dos trabalhadores aos riscos por agentes físicos (vibrações) do Parlamento Europeu. EU Good Practice Guide HAV; WBV *Good practice Guide* v. 6, 7 p., 12/06/2006.

FALZON, P. **Ergonomia**. São Paulo: Blücher, 2007.

FERNANDES, M.; MORATA, T. C. **Estudo dos efeitos auditivos e extra-auditivos da exposição ocupacional a ruído e vibração** – Revista Brasileira de Otorrinolaringologia. vol.68 no.5 - São Paulo, 2002 p.705

FERNANDES, J.C. **Segurança nas Vibrações sobre o Corpo Humano**, 2000. Apostila

FIEDLER, N.C. **Avaliação ergonômica de máquinas utilizadas na colheita de madeira**. Viçosa: UFV, 1995. 126p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.

HASELGRUBER, F.; GRIEFFENHAGEN, K. **Motosserras: mecânica e uso**. Porto Alegre: Metrópole, 1989. 136 p.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: Editora Edgar Blücher Ltda, 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 5349-1:2001. Mechanical vibration – Measurement and evaluation to human exposure to hand-transmitted vibration – Part 1: General requirements. 2001.

KROEMER, K.H.E, & GRANDEJEAN, E. **Manual de Ergonomia: Adaptando o Trabalho ao Homem**. Porto Alegre: Bookman editora, 2005.

LEÃO, R. D. PERES, C. C. **Noções sobre DORT, Lombalgia, Fadiga, Antropometria, Biomecânica e Concepção do Posto de Trabalho**. Disponível em <http://www.celuloseonline.com.br/imagembank/>. Acesso em 12 jun. 2017

LOPES, Eduardo da Silva. **Operação e Manutenção de Motosserras**: manual técnico / Eduardo da Silva Lopes, Luciano José Minetti- Viçosa: Aprenda Fácil, 2000.

MACHADO, C.C.; SOUZA, A.P. **Segurança no trabalho com motosserras**. Viçosa: UFV, 1980. 10 p. (Boletim de Extensão, 21).

MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2008. 468 p.

MINETTE, L.J. **Análise de fatores operacionais e ergonômicos na operação de corte florestal com motosserra**. Viçosa: UFV, 1996. 211p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1996.

MINETTI, L. J. et al. **Avaliação dos efeitos do ruído e da vibração no corte florestal com motosserra**. Revista *Árvore*, v. 22, n. 3, p. 325-330, 1998.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. **Equipamento de Proteção Individual**. São Paulo, Fundação centro, 1985

SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO. **NR-15: Atividades e Operações Insalubres**. Disponível em: <<http://www.guiatrabalhista.com.br/obras/seguranca.htm>>. Acesso em 07 junho de 2017

MORAES, Ana maria; MONT´ALVÃO, Claudia M. **Ergonomia: Conceitos e Aplicações**. Rio de Janeiro: Editora 2AB Ltda, 200

NESI, Marcos. **Identificação dos riscos associados ao corte semimecanizado de eucalipto e pinus na exploração florestal**. 2011. 57 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Programa de Pós-graduação da Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, 2011.

NORMA Regulamentadora 15: Atividades e Operações insalubres. [S.l.: s.n.], [2003-2016]. 1 p. Página Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr15_anexol.htm>. Acesso em 18 de junho de 2017

NORONHA, E.H.; TRAVAGLIA FILHO, U.J.E.; GARAVELLI, S.L. **Quantificação dos níveis de ruídos num estande de tiros da PM do Distrito Federal** [periódico on-line]. Centro de

Ciências de Educação e Humanidades – CCEH. Universidade Católica de Brasília, jun 2005; vol. I; nº 3.

PASSOS, C. A. M.; BUFULIN JUNIOR, L.; GONÇALVES, M. R. Avaliação silvicultural de *Tectona grandis* L.f., em Cáceres, MT, Brasil: resultados preliminares. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 225-232, 2006.

PMAC Exposição ao ruído; norma para proteção de trabalhadores que trabalham em atividades com barulho. **Revista Proteção**, Rio de Janeiro, v.6, n.29, p.136-138, 1994.

RODRIGUES, P. M. C; **Levantamento dos riscos dos operadores de motosserra na exploração de uma floresta nativa**. 2004. 82 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Universidade Federal de Mato Grosso, Mato Grosso, 2004.

SALIBA, T. M. **Manual prático de avaliação e controle de vibração: PPRA**. São Paulo: Editora LTr, 2009.

SANCHES, N.S. **Colheita Florestal – História e os Sistemas de Colheita**. Disponível em: <http://colheitademadeira.com.br/noticias/colheita_florestal__historia_e_os_sistemas_de_colheita/>. Acesso em: 23 de jun de 2017.

SANT'ANNA, C.M. **Fatores humanos relacionados com a produtividade do operador de motosserra no corte florestal**. Viçosa, 1992. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa.

SANT'ANNA, C.M.; GIULIANO, C.V.; YAMASHITA, R.Y.; CHAVES, A.A.; CARDOSO, A.L.M. Melhoria das condições de trabalho com motosserra. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL (2.: 1995: Salvador). **Anais...** Viçosa: SIF, 1995. p. 173-186.

SILVA, J. L. **Identificação dos riscos associados ao corte semimecanizado na conversão de áreas, para implantação de florestas comerciais**. 53 f. Monografia (Graduação) – Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

SILVA, E. N. et al. **Avaliação técnica e econômica do corte mecanizado de Pinus sp. com Harvester**. Revista *Árvore*, v.34, n.4,p. 745-753, 2010.

SOUZA, A. P. MINETTE L.J, SILVA. E. N. **Ergonomia Aplicada ao Trabalho**. In: MACHADO, C. C. COLHEITA FLORESTAL. 2. Ed. Viçosa: Editora UFV, 2008, p. 310-327.

VENDRAME, A. C. **Segurança do Trabalho, Saúde e Meio Ambiente**, 2005. Disponível em: <http://www.vendrame.com.br/artigos.htm>